

## OPORTUNIDADES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN TINTORERÍAS DEL SECTOR TEXTIL

### Cleaner Production Opportunities in Dying Industries of the Textile Sector

#### RESUMEN

Este artículo es una descripción de la situación general de siete tintorerías pertenecientes al sector textil, su infraestructura, equipos, maquinaria, procesos, y la identificación de posibles oportunidades de producción más limpia que permitirían mejorar su organización y cumplir con la normatividad vigente.

**PALABRAS CLAVES:** Oportunidades de Producción Más Limpia, Residuos Líquidos y Sólidos, Tintorería.

#### ABSTRACT

*This article is a brief description of the situation of 7 different dying industries of the textile sector, their infrastructure, equipment, machinery, processes and the identification of possible cleaner production opportunities to enhance their organization and to be able to fulfill the environmental policies.*

**KEYWORDS:** *Cleaner Production Opportunities, Dying Industries, Liquid and Solid Waste.*

#### CELESTE OSPINA RENDÓN

Administradora del Medio Ambiente  
Universidad Tecnológica de Pereira  
celesteospina@yahoo.com

#### JORGE AUGUSTO MONTROYA ARANGO

Ingeniero Mecánico,  
Profesor Asistente  
Facultad de Ciencias Ambientales  
Universidad Tecnológica de Pereira  
jorgemontoya@utp.edu.co

#### JENNY ADRIANA GARCÍA PALACIO

Administradora del Medio Ambiente  
Candidata a MSc. en Ecotecnología  
Universidad Tecnológica de Pereira  
jennygarcia@utp.edu.co

### 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento se elabora para orientar a los profesionales de las tintorerías del sector textil, interesados en realizar al interior de sus empresas unas buenas prácticas de manufactura.

Estas buenas prácticas de manufactura se basan en la producción más limpia (P+L) que es una estrategia de gestión empresarial preventiva, aplicada continuamente a los productos, los procesos y la organización del sector productivo [8]. Su objetivo es disminuir las descargas a las fuentes, al aire y el suelo, para reducir al mínimo el impacto de la producción y los efectos sobre la salud humana y el medio ambiente. Simultánea a tal disminución, se mejora la competitividad, vista como la capacidad de un sector o empresa de mantener o incrementar su participación en el mercado. Ésta participación puede ser nacional e internacional, de forma que los aspectos de productividad y rentabilidad económica se relacionen estrechamente con la distribución de beneficios y con un manejo adecuado del ambiente (sostenibilidad) [1].

La industria textil y específicamente las pequeñas Tintorerías ubicadas en Dosquebradas, Risaralda, son industrias que algunas laboran las 24 horas, 7 días a la semana en época de máxima producción. Pertenecen a la cadena del sector textil en su proceso de decoloración de pantalones de tela Denim, (jeans) especialmente; para sus procesos consumen grandes cantidades de agua; utilizan gran variedad de químicos y colorantes. Sus fuentes energéticas son el carbón mineral y residuos de madera para el funcionamiento de sus calderas, energía eléctrica para sus lavadoras, centrifugas, secadores y otros equipos, éstos aspectos se pueden apreciar en forma general en la Figura 1.

Con los procesos de las tintorerías se generan impactos sobre los recursos aire, suelo y agua; uno de ellos es el uso excesivo de agua vertiendo directamente al alcantarillado municipal. Las industrias están obligadas a cumplir con normas como la Ley 373 de 1997, Uso eficiente y ahorro del agua; Decreto 901 de 1997, Tasas retributivas; Decreto 1594 de 1984, Uso del agua y vertimientos líquidos; Decreto 1713 de 2002, Prestación del servicio de aseo y manejo integral de residuos sólidos, Decreto 002 de 1982, Emisiones atmosféricas; Resolución 601 de 2006, Calidad del aire o nivel de inmisión; Decreto Ley 1295 de 1994, Sistema de Riesgos

Profesionales; Resolución 08321 de 1983 Protección y conservación de la audición por la emisión de ruido, entre otros [12]; para lo cual no están preparadas ni tampoco cuentan con los recursos necesarios.

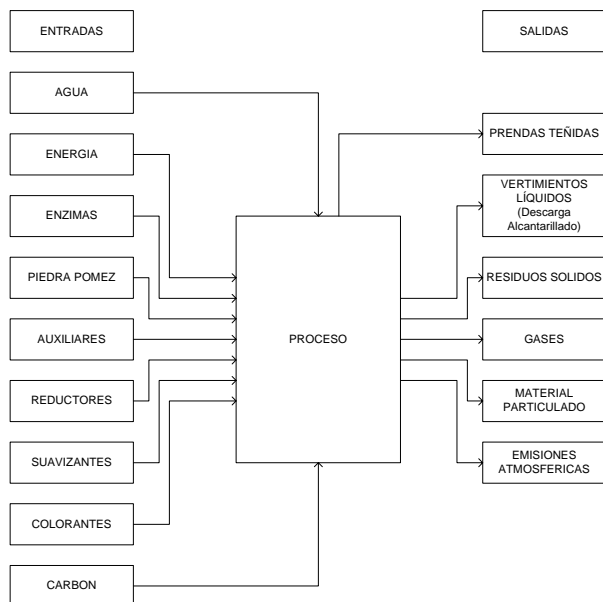


Figura 1. Balance general del proceso productivo.

Las empresas del sector tienen voluntad de asumir su responsabilidad ambiental y social, de una forma gradual, a través de una planeación que involucre las diferentes oportunidades de (P+L) identificadas en ésta investigación.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología de investigación del proyecto se aprecia en forma general en la Figura 2, donde se explica el procedimiento, las técnicas o instrumentos y los productos esperados de la investigación.

Durante la investigación se realizaron visitas periódicas para el reconocimiento de las diferentes plantas de producción; maquinaria, equipos, análisis de procesos administrativos y operativos. Se recolectó información primaria y secundaria sobre datos de proceso, materias primas, consumos de recursos. Se realizaron encuestas estructuradas y entrevistas al personal de la empresa y análisis de laboratorio de las descargas líquidas. Además se realizó un inventario energético de lavadoras, secadoras, centrifugas, calderas, líneas de vapor y condensado. Ver Tabla 1.

En cada industria se tomaron muestras de las descargas de aguas residuales en los efluentes al alcantarillado municipal, según los procedimientos establecidos en los métodos estándar para el análisis de aguas y aguas

residuales, para identificar las características del efluente con respecto al Decreto 1594 de 1984, Uso del agua y vertimientos líquidos. Además de este Decreto se revisaron parámetros de cumplimiento normativo para este tipo de industria que se aplican a nivel internacional como USA [2] y Alemania [4], con respecto a los siguientes parámetros: acidez, alcalinidad, DBO<sub>5</sub>, DQO, detergentes, grasas y aceites, pH, sólidos sedimentables, SST, sulfatos, cadmio, cromo total, cobre, mercurio, plomo, zinc, cobalto, fenoles, temperatura y color. Los análisis fisicoquímicos de las muestras de las 7 empresas se realizaron en los laboratorios de Química Ambiental y Aguas de la Universidad Tecnológica de Pereira.

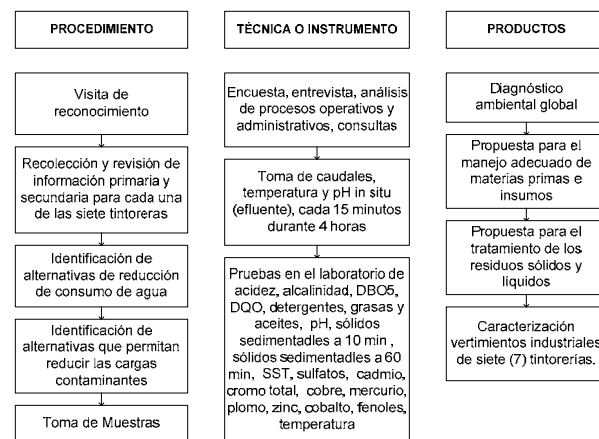


Figura 2. Metodología general.

Los materiales y recursos analizados en la investigación fueron agua, energía y carbón mineral, se hizo un análisis por prenda y se presentan en los resultados, en el punto 3 de Resultados y Discusión.

Los insumos químicos no fueron objeto del estudio, aunque se mencionan las más relevantes: ácido acético, suavizantes, fijador, soda cáustica, blanqueador óptico, peróxido de hidrógeno, sal, sulfuro, ácido oxálico, metabisulfito, permanganato de potasio, esponjas, agentes auxiliares (estabilizador, dispersante, igualador, secuestrante, penetrante, detergente) enzimas (neutralizantes, decolorantes) y piedra pómez.

### 2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

En cada industria con el fin de optimizar los procesos de teñido de prendas, requiere que se realice una evaluación minuciosa de cada una de las etapas del proceso, desde el conocimiento del peso de la prenda, el tipo de tela y sus diferentes procesos (ver Figura 3): desengome (prelavado), stone, teñido, fijado, blanqueo, neutralizado, suavizado o acabado final de la prenda. Se determinaron parámetros, tales como: relación de baño, pH, temperatura, dosificaciones de productos químicos y tiempos de procesos. Cada proceso requiere de 1 a 3 enjuagues dependiendo de la capacidad de la maquinaria, de allí la necesidad del uso de grandes cantidades de agua.

Es el proceso que consiste en eliminar las grasas, aceites, colorantes naturales y suciedad que pueda contener la tela. Este proceso utiliza detergentes y agentes alcalinos.

### 2.1.2 Stone

Es el proceso que consiste en la pérdida de color que se produce en la ropa (aspecto de envejecimiento), dejando puntos más blancos en la superficie de manera aleatoria. Este proceso puede ser físico o químico, donde se utiliza piedra pómez o abrasivos o enzimas que proporcionan un alto efecto de envejecimiento en tiempos más cortos y evitan el daño de las lavadoras causado por la piedra pómez [3].

### 2.1.3 Blanqueo

Es el proceso que se realiza cuando se requiere alto grado de blanco, ya sea para posterior teñido con colores claros o para blanqueo óptico que es utilizado para destacar el contraste del hilo de trama blanco con el hilo de urdimbre azul, proporcionando vivacidad.

### 2.1.4 Teñido

El teñido es el proceso que dependiendo del tipo de tela y la demanda del cliente, puede ser directo o reactivo para el algodón y disperso para el poliéster. La aplicación de material colorante se realiza en baños con alta temperatura en presencia o no de agentes químicos auxiliares que ayudan a una mejor calidad de teñido.

### 2.1.5 Fijado

Es el proceso que consiste en la aplicación de productos químicos después de la tintura mejorando la resistencia del color a los efectos de los lavados y la luz

Proceso manual con esponja y permanganato de potasio para imitar desgastes en las prendas

### 2.1.7 Neutralizado

Lavado de la prenda para neutralizar los procesos de degradación en stone y esponja.

### 2.1.8 Suavizado

Es el proceso que consiste en la terminación del proceso donde se eliminan todos los contaminantes de la prenda.

### 2.1.9 Centrifugado

Es el proceso que consiste en retirar el agua de las prendas que salen de las lavadoras, se descarta la piedra pómez sobrante y se centrifugan las prendas para eliminar la mayor parte de su humedad.

### 2.1.10 Secado

Es el proceso que consiste en retirar las prendas de las centrifugas y colocarlas en las secadoras para eliminar toda la humedad restante.

## 3. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

### 3.1 Consumo de materias primas y recursos

Las siete industrias tienen una producción mensual promedio de 49.428 prendas, los consumos promedios de agua, energía y carbón mineral por prenda producida son de 176,7 l, 0,2kWh, 0,8 kg, respectivamente. En la Tabla 1 se observa los consumos por industria.

Tintorería	Producción mensual prendas/ Empresa	Consumo por prenda		
		Agua (l)	Energía (kWh)	Carbón mineral (kg)
1	80000	118	0.16	0.31
2	20000	348	0.3	0.68
3	40000	164	0.25	0.8
4	40000	194	0.18	0.8
5	50000	116	0.128	2.4
6	75000	107.1	0.22	0.13
7	41000	190	0.14	0.7
<b>Promedio</b>	<b>49.428</b>	<b>176,7</b>	<b>0,2</b>	<b>0,8</b>

Tabla 1. Consumos de agua, energía y carbón mineral por prenda producida

### 3.2 Planta de producción

De las siete plantas de producción analizadas, cinco funcionan en instalaciones inadecuadas para este tipo de industria, con poca ventilación y espacios reducidos. El número de empleados y obreros oscila entre de 40 a 60. Los equipos y/o accesorios de seguridad industrial en seis plantas son incipientes.

### 3.3 Generación de residuos líquidos y sólidos

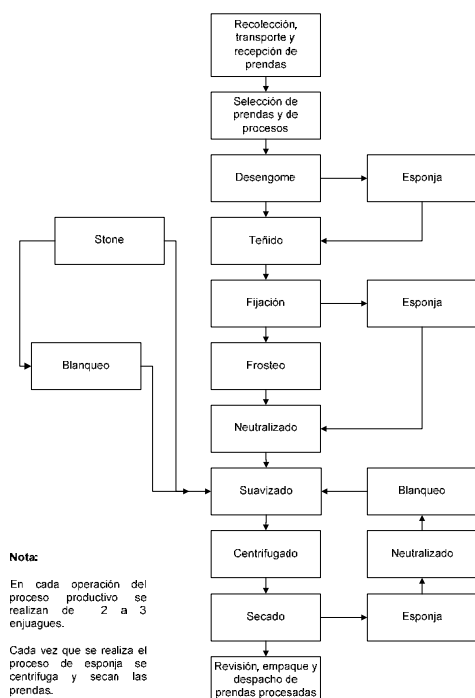


Figura 3. Etapas del proceso productivo de Tintorerías.

### 2.1.6 Esponja

Los diferentes procesos de las tintorerías generan en promedio, ver tabla 2, de residuos líquidos 4.2 l/s en sus efluentes y 163 kg/mes de residuos sólidos mezclados de la planta de producción y de oficinas; además de 11.2 ton/mes de residuos de la caldera (hollín). Los residuos de las calderas son recogidos por particulares (camionetas o carretas) y arrojados en sitios sin ningún control. Los residuos sólidos de la planta y oficinas son recogidos por la empresa de aseo del municipio de Dosquebradas y llevados al relleno sanitario de la ciudad de Pereira sin una separación preliminar. Los residuos líquidos se vierten directamente al alcantarillado municipal con temperaturas que oscilan entre los 20 y 50 °C, de color azul oscuro y con presencia de olores fuertes. Dentro de los principales parámetros contaminantes se evidencian: la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) que oscila entre 100-600 mg O<sub>2</sub> /l, la Demanda Química de Oxígeno (DQO) que oscila entre 470-1400 mg O<sub>2</sub> /l y los Sólidos Suspendidos Totales (SST) 200-1800mg/l.

Tintorería	Residuos líquidos efluente l/s	Residuos sólidos kg/mes	Residuos caldera ton/mes
1	5.3	100	7
2	3.1	160	14
3	5.8	200	10
4	6.19	160	10
5	3.02	160	14
6	2.3	200	14
7	4.1	160	10
<b>Promedio</b>	<b>4.2</b>	<b>163</b>	<b>11.2</b>

Tabla 2. Promedio de Residuos Líquidos y Sólidos

La Figura 4 presenta de forma esquemática un ecobalance tipo del sector, mostrando las entradas y salidas del proceso de producción con valores promedio de las siete Tintorerías.

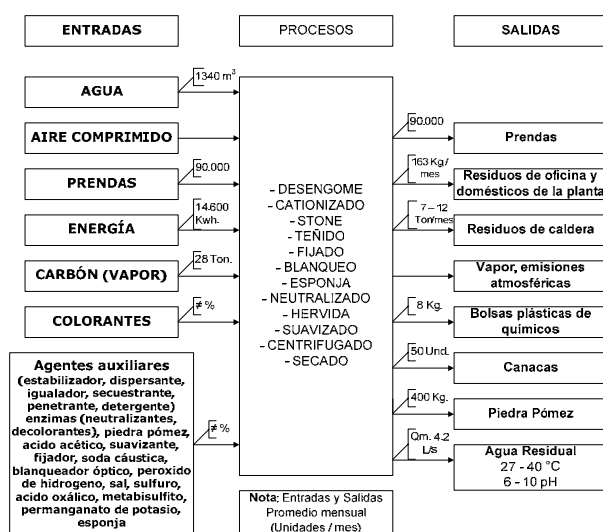


Figura 4. Ecobalance del Proceso Productivo.

### 3.4 Oportunidades de producción más limpia

A partir de los resultados obtenidos del Diagnóstico Ambiental de cada industria se plantean las siguientes acciones y alternativas (oportunidades) de Producción Más Limpia:

#### 3.4.1 Disminución de los consumos de agua

- Promover e incentivar cambios en los métodos de teñido, que impliquen pequeños ajustes y permitan la disminución en el consumo de agua.
- Caracterizar las descargas líquidas de cada operación, con el objeto de determinar cuales descargas se pueden reutilizar en procesos de enjuagues.
- Revisar las recetas o formulaciones de cada proceso con el fin de disminuir consumos de agua en la relación del baño.
- Re-uso de baños de teñido, la mayoría de los componentes del baño de teñido no se agotan durante el proceso, salvo el colorante, algo de los agentes de teñido y de los electrólitos; tampoco se agotan en el teñido los surfactantes, el material diluyente del colorante y los igualadores; la mayoría de los baños pueden ser reusados entre 5 y 10 veces y algunos hasta 25 veces [9].
- Emplear tecnologías de espuma, aplicando los colorantes a través de un medio de espuma (aire disperso en un líquido) u otros disolventes para teñido y estampado; disminuyendo el consumo de agua y energía [7].
- Sustituir suavizante en el enjuague por suavizante en spray sobre las prendas para disminuir consumos de agua.
- Reutilización de las aguas de enfriamiento que no están en contacto con textiles o con reactivos químicos, como las aguas de enfriamiento de condensadores, de intercambiadores, secadores, máquinas jet y compresores de aire. Esta agua puede almacenarse en un estanque de agua caliente y reusarse en operaciones de teñido, blanqueo, lavados, o donde se requiera agua caliente.
- Mantener un control cerrado sobre las operaciones de la planta para prevenir pérdidas accidentales de baños y la preparación de baños más grandes que los requeridos por los procesos.
- Mantenimiento preventivo de los equipos con el fin de evitar accidentes, escapes y derrames o falla de los equipos (chequeo y revisión de bombas, válvulas, estanques, filtros, equipo de seguridad).
- Reducir polvo, grasa y basura en las áreas de producción para evitar lavados innecesarios.
- Evitar pérdidas de agua por mal estado de llaves y mangueras, utilizar boquillas de manejo manual en las mangueras y evitar goteos y regueros innecesarios.
- Mantener en buen estado los controles de nivel de líquido, indicador y medidor de flujo y dispositivos de

cierre automáticos para reducir los requerimientos de agua.

### 3.4.2 Mejoramiento de las características del efluente

- Revisar la receta de cada proceso con el fin de sustituir o eliminar ingredientes innecesarios y contaminantes.
- No usar sal común (NaCl), debido a que contiene demasiadas impurezas, emplear sulfato sódico ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), principalmente para los teñidos [11].
- Emplear el peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) en lugar de enzimas para la remoción de la cola de almidón, disminuyendo los niveles de  $\text{DBO}_5$  en los efluentes.
- Incluir costos de tratamiento de residuos líquidos en los costos de producción.
- Mejorar los desagües, diseñar y construir sistemas que atenúen el tratamiento del efluente [10].

### 3.4.3 implementación de un programa de separación en la fuente

- Separar residuos de todas las áreas, para permitir la recuperación de material reciclable de oficina, empaques entre otros (papel, cartón, vidrio, metales, plástico, etc.).
- Evitar la mezcla de las bolsas utilizadas para la distribución de los químicos de las formulaciones, tales como ácido acético y sulfuro, las cuales pueden causar lesiones a los recicladores.
- Promover la participación del personal, desde gerencia hasta operarios, en actividades destinadas a lograr la minimización de los residuos tanto líquidos como sólidos y las emisiones al aire.
- Incluir costos de tratamiento de residuos sólidos en los costos de producción.
- Separar residuos de laboratorio y darles un tratamiento especial para evitar lesiones en los empleados y recicladores.
- Contratar con personas responsables de la disposición final de estos residuos para que no sean vertidos en sitios no autorizados.

### 3.4.4 Disminución de emisiones

- Caracterizar las emisiones gaseosas de los puestos de trabajo y operación.
- Realizar mantenimiento preventivo a maquinaria y equipos y disminuir emisiones.
- Cuando se vaya a adquirir maquinaria y equipos elegir la más amigable con el medio ambiente, es decir que requieran mínimas cantidades de aceite y lubricación.
- Implementación del programa de higiene y salud ocupacional para determinar los TLV's (Valor límite de sustancias orgánicas volátiles) en puestos de trabajo.
- Capacitación permanente del personal sobre condiciones del proceso, seguridad industrial, manejo de materiales y salud ocupacional.
- Emplear colorantes granulados que faciliten una mejor dosificación y generen menos polvos contaminantes en el proceso [5].
- Reutilizar el vapor a través de un intercambiador de calor del agua que sale de cada una de las lavadoras a

unos 60-70 °C, con el agua de alimentación o de entrada de éstas; de esta manera se reduce la temperatura del agua de salida de la empresa y se precalienta la de entrada de cada lavadora. Esto ahorrará combustible, vapor de caldera para calentar el agua, energía eléctrica del ventilador de las calderas y se reduce contaminación por agua caliente y emisiones.

### 3.4.5 Mejoramiento de la organización empresarial

- Establecer un equipo de trabajo para el manejo de productos químicos, residuos líquidos, sólidos y gaseosos conformados por un representante de la dirección, un técnico del laboratorio, un administrador del medio ambiente, un representante de servicios, supervisores y operarios [6].
- Establecer responsabilidades, compromisos y recursos para implementar programas para el manejo del agua, de materias primas, químicos y efluentes.
- Planear los programas; que se debe hacer y por qué, definir una política, con los objetivos y metas, técnicas y metodologías, responsables, reuniones periódicas y cronogramas [6].
- Realizar auditoria, recopilar y sistematizar toda la información de todos los procesos de la industria, información contable, producción, flujos del los procesos, monitoreo y contacto con empleados y operarios.
- Fomentar la adopción de tecnologías amigables al medio ambiente.
- Implementar programas de capacitación del personal para mejorar la gestión de calidad y ambiental al interior del proceso.
- Incorporar una política de gestión con proveedores para una adquisición en forma responsable de las materias primas y de los materiales auxiliares, que sean amigables con el medio ambiente y que sean menos contaminantes.
- Concertar con los proveedores que las materias primas sean suministradas en envases y contenedores retornables.
- Actualizar hojas técnicas de los productos químicos utilizados, instrucciones de manejo y características ecológicas.
- Solicitar a los proveedores que certifiquen la calidad de sus productos y llevar a cabo la devolución de los materiales si éstos no cumplen los requerimientos deseados.
- Adquirir materiales biodegradables, detergentes de baja espuma, tinturas reactivas bifuncionales, con una velocidad de fijación de hasta un 50 % mayor que las tinturas reactivas tradicionales y para las tinturas sulfurosas que se usan en disolución de cianuro de sodio se han creado productos que reemplazan parcialmente al cianuro de sodio (hasta un 48%) y en algunos casos reducen el consumo de agua de enjuague, para eliminar el sulfuro de la tela, hasta en un 30% [1].

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Y cuales son las conclusiones de la investigación?

- Se deben unificar criterios de procesos de producción con las diferentes tintorerías y determinar estándares del benchmark del sector, que permitan la disminución del consumo de agua, energía, combustibles, productos químicos, colorantes, entre otros.
- Se debe fortalecer la agremiación del sector industrial en la región.
- La industria del sector debe apuntar a disminuir consumos de agua, energía, carbón y otros insumos y así mejorar su competitividad en los nuevos mercados.
- Las industrias del sector requieren no solo del control sino también de la orientación de las entidades de control para mejorar su funcionamiento, investigar conjuntamente sobre las tecnologías y practicas a utilizar con respecto al manejo de los residuos líquidos, sólidos y gaseosos.
- Los residuos líquidos deben tratarse antes de la descarga al alcantarillado, lo cual no solo debe ser tarea de unos pocos industriales, de esta manera debe orientarse las acciones a diseñar centrales de tratamiento, donde se involucren los industriales, las entidades de control y la academia.
- La implementación de prácticas de producción más limpia se reflejan en la reducción de los costos operativos, la protección de la salud humana y la calidad del ambiente, mejorando la imagen de la compañía y cumplimiento con los requisitos legales.
- Para iniciar con las prácticas de producción más limpia se pueden implementar las orientaciones del Good Housekeeping, basados en la minimización de los residuos, ya que son procesos que requieren de poco capital de inversión y son actividades fáciles de implementar pero están basadas en voluntad propia más que en una tecnología.
- Para el diseño y puesta en marcha de una planta de tratamiento es necesario realizar estudios más detallados donde se requieren diferentes ensayos de laboratorio y caracterizaciones.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

Muchas de estas referencias no están en el texto

### Referencias de publicaciones periódicas:

- [1] INTEC Chile, Fondo de desarrollo e innovación Documento de difusión Opciones de Gestión Ambiental. Sector Tintorerías Textiles. 2000.
- [2] U.S. EPA/SEMANAP. Pollution Prevention in the Textile Industry. 1996.
- [3] R. Ramírez. Memorias Inconclusas. Pereira, Colombia. 2004.
- [4] Anexo 38 del Reglamento Administrativo General de Aguas Residuales, República de Alemania.
- [5] Environmental Technology Best Practice Programme. Water and Chemical Use in the Textile Dyeing and Finishing Industry. 1997 UK.
- [6] Opciones de Gestión Ambiental Sector Tintorerías Textiles. 2000.
- [7] J. Kurgan. A Cleaner Production approach for minimization of total dissolved solids in reactive dyeing effluents.
- [8] Ministerio del Medio Ambiente, Fundes Guía de Buenas Prácticas para el Sector Textiles.
- [9] REPAMAR, GTZ. Impacto Ambiental de Productos Químicos Auxiliares Utilizados en la Industria Textil Argentina. 1998.
- [10] J. A. Romero. Tratamiento de Aguas Residuales. Colombia. 2002.
- [11] G. Wynne, D. Maharaj and C. Buckley, Cleaner Production In The Textile Industry. Lessons From The Danish Experience. 2000.
- [12] Normatividad y legislación vigente:
  - Ley 373 de 1997, Uso eficiente y ahorro del agua.
  - Decreto 901 de 1997, Tasas retributivas.
  - Decreto 1594 de 1984, Uso del agua y vertimientos líquidos.
  - Decreto 1713 de 2002, Prestación del servicio de aseo y manejo integral de residuos sólidos.
  - Decreto 002 de 1982, Emisiones atmosféricas.
  - Resolución 601 de 2006, Calidad del aire o nivel de inmisión.
  - Decreto Ley 1295 de 1994, Sistema de Riesgos Profesionales.
  - Resolución 08321 de 1983 Protección y conservación de la audición por la emisión de ruido.